

R2

(19) 日本国特許庁 (JP)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-272994

(P 2 0 0 0 - 2 7 2 9 9 4 A)

(43) 公開日 平成12年10月3日 (2000.10.3)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>  
C30B 29/04  
H01L 21/265  
// H01L 29/861

識別記号

F I  
C30B 29/04  
H01L 21/265  
29/91

テーマコード (参考)  
A 4G077  
Z  
F

審査請求 未請求 請求項の数 6 ○ L (全 4 頁)

(21) 出願番号 特願平11-82780

(22) 出願日 平成11年3月26日 (1999.3.26)

(71) 出願人 000005049  
シャープ株式会社  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 大石 隆一  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ヤープ株式会社内

(72) 発明者 中村 好伸  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ヤープ株式会社内

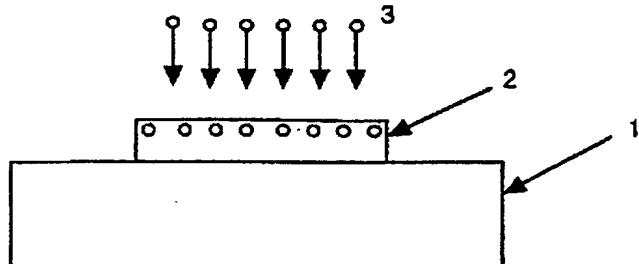
(74) 代理人 100103296  
弁理士 小池 隆彌  
F ターム(参考) 4G077 AA02 AA03 BA03 DB01 EB01  
EB02 ED06 FD03 GA06 HA06

(54) 【発明の名称】半導体ダイヤモンドの製造方法

## (57) 【要約】

【課題】 簡便でかつ多結晶ダイヤモンドにも適用可能な半導体ダイヤモンドの製造方法を提供する。

【解決手段】 800°C以上に加熱されたダイヤモンド基板または基板素材上に堆積されたダイヤモンド薄膜にドーパント元素を含む粒子を加速し照射する。800°C以上に加熱することにより、粒子線照射による欠陥が回復するだけでなく、ドーパント元素がダイヤモンド構造の格子位置に取り込まれ、半導体となる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 800℃以上2000℃以下に加熱されたダイヤモンド基板または基板素材上に堆積されたダイヤモンド薄膜に、ドーパントとなる元素を含む加速粒子を照射することを特徴とする半導体ダイヤモンドの製造方法。

【請求項2】 前記元素として、少なくともⅢ族元素を含むことを特徴とする請求項1に記載の半導体ダイヤモンドの製造方法。

【請求項3】 前記元素として、少なくともV族元素あるいはLiを含むことを特徴とする請求項1に記載の半導体ダイヤモンドの製造方法。

【請求項4】 照射粒子の照射レートが $1 \times 10^{12}$ 個/ $\text{cm}^2 \cdot \text{sec}$ から $1 \times 10^{15}$ 個/ $\text{cm}^2 \cdot \text{sec}$ であることを特徴とする請求項1に記載の半導体ダイヤモンドの製造方法。

【請求項5】 照射粒子のエネルギーが50eV以上10MeV以下であることを特徴とする請求項1に記載の半導体ダイヤモンドの製造方法。

【請求項6】 上記Ⅲ族元素とV族元素の注入する領域を深さ方向に近接した領域に形成することを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の半導体ダイヤモンドの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、電子工業において耐環境性素子などの半導体材料として用いられる半導体ダイヤモンドを粒子線照射によって形成する方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 一般にSiやGeを半導体化させる方法として、ある濃度でⅢ族元素や、V族元素を含む粒子を照射し、その後照射によって生じた損傷を熱処理によって回復させる方法がある。ところが、同じ方法をダイヤモンドに適用すると、照射損傷が熱処理によって、エネルギー的に安定な黒鉛構造になるため、半導体ダイヤモンドを得ることが出来ない。これはSiやGeの場合と異なり、ダイヤモンドではダイヤモンド構造が最安定状態ではなく、準安定状態であることに起因している。そこでイオン注入時にダイヤモンド単結晶のチャンネリング方位からイオン注入を行い、照射損傷を出来るだけ小さくする方法(特開平5-29244号公報)が考案されている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、この方法ではダイヤモンド単結晶のチャンネリング方位を正確に求める手間がかかるだけでなく、同じ方法を多結晶ダイヤモンドに応用することが出来ないという欠点もある。そのため、簡便でかつ多結晶ダイヤモンドにも適用可能な半導体ダイヤモンドの製造方法が必要になる。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】 上記の目的を達成するために、本発明では800℃以上2000℃以下、好ましくは900℃～1500℃に保ったダイヤモンドにドーパントとなる元素を含む粒子を加速し照射する。この方法により、ダイヤモンド単結晶またはSi、Pt、Ir、Pd、Fe、Ni、SiC、BN、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO、その他ヘテロエピタキシャル基板として使用される基板や、その他多種類の多結晶用の基板素材に堆積されたダイヤモンド薄膜に、ダイヤモンド単結晶のチャンネリング方位を正確に求める手間なしで、簡便に半導体ダイヤモンドの製造が可能になる。

【0005】 ここでドーパントとして照射する粒子としては、炭素以外であればよく、例えばアクセプタ準位を形成することができるという理由から、少なくともⅢ族元素を含む粒子であるか、ドナー準位を形成することができるという理由から、少なくともV族元素あるいはLiを含む粒子であることが好ましい。Ⅲ族元素としては、B、Al、Ga、In、Tlからなる群のうち少なくとも1つ以上のⅢ族元素であり、B、Alが好ましく、下記実施例ではBが使用された。V族元素としては、N、P、As、Sb、Biからなる群のうち少なくとも1つ以上のV族元素であり、P、Asが好ましく、下記実施例ではPが使用された。

【0006】 本発明では800℃以上2000℃以下に保ったダイヤモンドにドーパントとなる元素を含む粒子を加速し照射する。照射粒子のエネルギーが50eV以上10MeV以下、好ましくは10keVから2MeVで、照射レートが $1 \times 10^{12}$ 個/ $\text{cm}^2 \cdot \text{sec}$ から $1 \times 10^{15}$ 個/ $\text{cm}^2 \cdot \text{sec}$ であれば、粒子照射によって生じた欠陥が、後から照射された粒子によって再配列が誘起され、ダイヤモンド構造に戻るだけでなく、ドーパントがダイヤモンド格子位置に入る。基板温度が800℃より低くてもある程度の結晶回復は起こるが、800℃以上では結晶回復が起こるだけでなく、前述通り、ドーパントがダイヤモンド構造の格子位置に安定化される。2000℃以上では装置の耐熱性の問題、また熱電子のために注入量の制御が困難になる問題、昇温降温に時間を要する問題等のため、更には黒鉛になり易くなるなどの問題が生じる。又、照射エネルギーが数MeVであればダイヤモンドに深くまで注入することができる。

【0007】 またこの方法を応用し、深さ方向に近接した深さにpn領域を作製することで、pn接合素子を容易に作製することも可能である。

## 【0008】

【発明の実施の形態】 (実施例1) 本発明の第1の実施例を図1を用いて説明する。基板加熱用ヒーターを取り付けたターゲットホルダー1にアンドープダイヤモンド単結晶基板2を固定し、基板温度を900℃に保持し

た。この基板2に200k eVに加速された、p-ドーパントであるBのイオン3を照射レート $1 \times 10^{13}$ 個/ $\text{cm}^2 \cdot \text{sec}$ で、 $1 \times 10^{15}$ 個/ $\text{cm}^2$ 照射した。

【0009】照射後のダイヤモンドをラザフォード後方散乱法によって分析した結果、炭素の<001>、<111>チャンネリング方位散乱強度とランダム方位散乱強度との比は、イオン照射前の単結晶ダイヤモンドの比と一致し、結晶の照射損傷が回復していることがわかった。また赤外吸収スペクトルで格子位置に入ったBに特徴的な吸収が見られ、Bが格子位置に入っていることも確認された。このダイヤモンド単結晶基板の電気特性評価を行ったところ、良好なp型特性を示した。

【0010】また他のIII族元素を照射した場合も同様の結果を得た。また、アンドープダイヤモンド単結晶基板2のかわりに多結晶ダイヤモンド薄膜を用いた場合も同様の結果を得た。また基板2のかわりにn型ダイヤモンドを用いることでp-n接合を作製することが出来た。

(実施例2) 本発明の第2の実施例を図2を用いて説明する。基板加熱用ヒーターを取り付けたターゲットホルダー4にSi上に製膜されたアンドープ多結晶ダイヤモンド薄膜5を固定し、基板温度を1000°Cに保持した。このアンドープ多結晶ダイヤモンド薄膜5に100k eVに加速された、n-ドーパントであるPのイオン6を照射レート $1 \times 10^{12}$ 個/ $\text{cm}^2 \cdot \text{sec}$ で、 $3 \times 10^{14}$ 個/ $\text{cm}^2$ 照射した。

【0011】照射後のダイヤモンドをラザフォード後方散乱法によって分析した結果、実施例1同様、炭素の<001>、<111>チャンネリング方位散乱強度とランダム方位散乱強度との比は、イオン照射前の単結晶ダイヤモンドの比と一致し、結晶の照射損傷が回復していることがわかった。また同時に粒子線励起X線検出を行い、Pがダイヤモンドの格子位置に入っていることがわかった。このダイヤモンド薄膜の電気特性評価を行ったところ、良好なn型特性を示した。

【0012】また他のV族元素およびLiを照射した場合も同様の結果を得た。また、アンドープ多結晶ダイヤモンド薄膜5のかわりに単結晶ダイヤモンド基板を用いた場合も同様の結果を得た。また基板5のかわりにp型ダイヤモンドを用いることでp-n接合を作製することが出来た。

(実施例3) 本発明によりp-n接合を形成する方法について図3を用いて説明する。基板加熱用ヒーターを取り付けたターゲットホルダー7にアンドープ単結晶ダイヤモンド基板8を固定し、基板温度を950°Cに保持した。このアンドープ単結晶ダイヤモンド基板8に80k

eVに加速された、n-ドーパントであるPのイオン9を照射レート $5 \times 10^{12}$ 個/ $\text{cm}^2 \cdot \text{sec}$ で、 $1 \times 10^{14}$ 個/ $\text{cm}^2$ 照射する。それに続いてp-ドーパントである200k eVに加速されたBのイオン10を照射レート $2 \times 10^{12}$ 個/ $\text{cm}^2 \cdot \text{sec}$ で、 $3 \times 10^{14}$ 個/ $\text{cm}^2$ 照射した。

【0013】照射後のダイヤモンドをラザフォード後方散乱法によって分析した結果、実施例1同様、炭素の<001>、<111>チャンネリング方位散乱強度とランダム方位散乱強度との比は、イオン照射前の単結晶ダイヤモンドの比と一致し、結晶の照射損傷が回復していることがわかった。また同時に粒子線励起X線評価及び赤外吸収からB、Pが共にダイヤモンド構造の格子位置に入っていることがわかった。このダイヤモンド薄膜の電気特性評価を行ったところ、p-n接合に特有の整流特性を示した。

【0014】ここで、Pのかわりに他のV族元素およびLiを照射した場合も同様の結果を得た。またBのかわりに他のIII族元素を用いた場合も同様の結果を得た。また、単結晶ダイヤモンド基板8のかわりにアンドープ多結晶ダイヤモンド薄膜を用いた場合も同様の結果を得た。

#### 【0015】

【発明の効果】本発明による半導体ダイヤモンドの製造方法によれば、単結晶、多結晶にかかわらず簡便に半導体化することが出来、ダイヤモンドを用いた半導体デバイスの製造が容易かつ安価になる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を用いてp型半導体を製造する方法の概念図を示す。

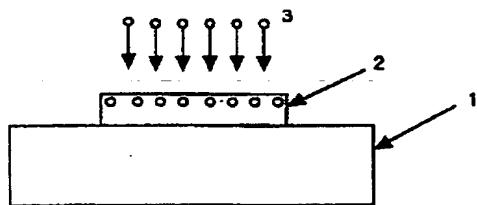
【図2】本発明を用いてn型半導体を製造する方法の概念図を示す。

【図3】本発明を用いてp-n接合を製造する方法の概念図を示す。

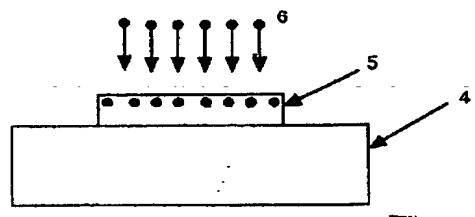
#### 【符号の説明】

- 1 ターゲットホルダー
- 2 アンドープダイヤモンド単結晶基板
- 3 Bイオン
- 4 ターゲットホルダー
- 5 アンドープ多結晶ダイヤモンド薄膜
- 6 Pイオン
- 7 ターゲットホルダー
- 8 アンドープ単結晶ダイヤモンド基板
- 9 Pイオン
- 10 Bイオン

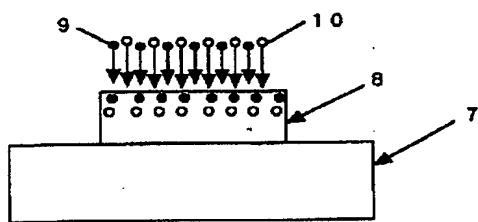
【図 1】



【図 2】



【図 3】



(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2000272994 A**

(43) Date of publication of application: **03.10.00**

(51) Int. Cl

**C30B 29/04  
H01L 21/265  
// H01L 29/861**

(21) Application number: **11082780**

(71) Applicant: **SHARP CORP**

(22) Date of filing: **26.03.99**

(72) Inventor: **OISHI RYUICHI  
NAKAMURA YOSHINOBU**

**(54) PRODUCTION OF SEMICONDUCTOR DIAMOND**

**(57) Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a simple method for producing a semiconductor diamond, capable of being also applied to the production of a polycrystalline diamond.

**SOLUTION:** This method for producing a semiconductor diamond comprises irradiating a thin diamond film deposited on a diamond substrate 2 or substrate raw material heated at 800°C to 2,000°C with accelerated particles containing a dopant element. The heating of the diamond substrate 2 or substrate raw material at 800°C to 2,000°C enables not only the recovery of defects caused by the irradiation of the particle beams but also the incorporation of the dopant element into the lattice positions of the diamond structure, thus giving the semiconductor.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO

